

**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN KERETA API RANGKA BAJA
BH 1751 TIPE *WELDED THROUGH TRUSS* (WTT) BENTANG
100 METER SUNGAI LUK ULO KEBUMEN KM 449 + 900
JALUR GANDA KERETA API LINTAS ANTARA KROYA - KUTOARJO**

Tugas Akhir

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil



Diajukan Oleh:

ASHRAF HABIBURRAHMAN
NIM: D100 150 166

Kepada,

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN ULANG JEMBATAN KERETA API RANGKA BAJA BH 1751 TIPE *WELDED THROUGH TRUSS* (WTT) BENTANG 100 METER SUNGAI LUK ULO KEBUMEN KM 499 + 900 JALUR GANDA KERETA API LINTAS KROYA – KUTOARJO

Tugas Akhir

Diajukan dan dipertahankan pada Ujian Pendadaran
Tugas Akhir di hadapan Dewan Penguji
Pada tanggal :

diajukan oleh:

ASHRAF HABIBURRAHMAN

NIM : D 100 150 166

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing Utama

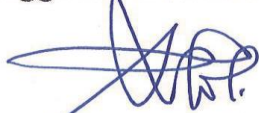
Surakarta, 30 April 2021



Ir. Abdul Rochman, M.T.

NIK : 610

Anggota I Dewan Penguji



Mochamad Solikin, PhD

NIK: 792

Anggota II Dewan Penguji



Ir. Ali Asroni, M.T.

NIK: 484

Tugas Akhir ini diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil
Surakarta, 2021



Dekan Fakultas Teknik

Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

NIK : 682



Ketua Progdi Teknik Sipil

Mochamad Solikin, S.T., M.T., Ph.D.

NIK : 792

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Bismillahirrahmanirrohim,

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya:

Nama : ASHRAF HABIBURRAHMAN
NIM : D 100 150 166
Fakultas / Jurusan : TEKNIK / TEKNIK SIPIL
Jenis : TUGAS AKHIR
Judul : PERENCANAAN ULANG JEMBATAN KERETA
API RANGKA BAJA BH 1751 TIPE *WELDED
THROUGH TRUSS* (WTT) BENTANG 100 METER
SUNGAI LUK ULO KEBUMEN KM 449 + 900
JALUR GANDA KERETA API LINTAS ANTARA
KROYA - KUTOARJO

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya buat dan serahkan ini, merupakan hasil karya saya sendiri, kecuali kutipan – kutipan dan ringkasan – ringkasan yang semuanya telah saya jelaskan sumbernya. Apabila dikemudian hari dan atau dapat dibuktikan bahwa skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi apapun dari Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik dan atau gelar dan ijazah yang diberikan oleh Universitas Muhammadiyah Surakarta batal saya terima.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan semoga dapat digunakan sebagaimana semestinya.

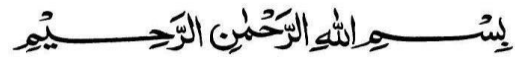
Surakarta, 30 April 2021

Yang membuat pernyataan,



Ashraf Habiburrahman

PRAKATA



Assalamu 'alaikum wa rahmatullahi wabarakatuh.

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah *Subhanahuwataa'ala* yang telah melimpahkan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya, sehingga dapat terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir ini yang berjudul “PERENCANAAN ULANG JEMBATAN KERETA API RANGKA BAJA BH 1751 TIPE WELDED THROUGH TRUSS (WTT) BENTANG 100 METER SUNGAI LUK ULO KEBUMEN KM 449 + 900 JALUR GANDA KERETA API LINTAS ANTARA KROYA - KUTOARJO”.

Penyusunan Tugas Akhir ini untuk melengkapi sebagian persyaratan mencapai derajat sarjana S-1 pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Penyusun Tugas Akhir ini ucapkan terimakasih kepada:

- 1) Allah *Subhanahuwataa'ala* yang senantiasa melimpahkan taufik dan hidayah-Nya, serta untuk segala kekuatan, kemudahan, dan petunjuk-Nya.
- 2) Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 3) Bapak Mochamad Solikin, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 4) Bapak Abdul Rochman, S.T., M.T., selaku Pembimbing Utama yang telah dengan sabar memberikan dorongan, arahan serta bimbingan yang sangat bermanfaat bagi Penulis.
- 5) Bapak Mochamad Solikin, S.T., M.T., Ph.D., dan Ir. Ali Asroni M.T., selaku Anggota Dewan Penguji, yang telah memberikan dorongan, arahan serta bimbingan yang juga sangat bermanfaat bagi Penulis.
- 6) Bapak Gurawan Djati Wibowo, S.T., M.T., selaku Pembimbing Akademik.
- 7) Bapak dan Ibu dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan.

- 8) Bapak, ibu, dan keluarga tercinta yang selalu memberikan do'a dan dukungan baik material maupun spiritual.
- 9) Semua teman teknik sipil angkatan 2015.
- 10) Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Semoga segala bantuan yang telah diberikan kepada penyusun, senantiasa mendapatkan pahala dari Allah *Subhanahuwataa'ala. Aamiin.*

Penyusun menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, Oleh karena itu segala koreksi dan saran yang bersifat membangun Penyusun harapkan guna penyempurnaan Tugas Akhir ini. Besar harapan Penyusun semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi Penyusun dan Pembaca.

Wassalamu'alaykum warahmatullahiwa barakatuh.

Surakarta, April 2021

Penyusun

MOTTO

Jangan pernah bergantung terlalu banyak kepada siapapun di dunia ini. Karena bahkan bayangan milikmu sendiri akan meninggalkanmu saat kamu berada di dalam kegelapan
(Ibnu Taimiyah)

Maka sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan
(Q. S. Al-Insyirah: 5)

Berpikirlah positif, tidak peduli seberapa keras kehidupanmu
(Ali Bin Abi Thalib)

Ikhlaslah dalam usaha menggapai tujuan, maka kamu akan mendapati bantuan Allah disekelilingmu
(Ibnu Qayyim)

Teruslah berproses, belajar mensyukuri nikmat dan tetaplah rendah hati.
Agar supaya hidupmu bahagia, baik di dunia maupun di akhirat
(Ashraf Habiburrahman)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, atas kehadiran Allah S.W.T yang telah meridhoi, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dan saya persembahkan kepada orang-orang terkasih dalam hidup saya.

1. Untuk orang tuaku, Bapak Setya Ismana dan Ibu Rachmah Purwanti yang senantiasa mendoa'kan, memberikan semangat dan mencurahkan kasih sayangnya hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini dan sampai kapanpun. Semoga kami dijadikan anak yang selalu berbakti di dunia dan akherat. Aamiin.
2. Untuk semua teman – teman terdekat yang telah membantu dan menyemangati untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu. Semoga kalian semua sukses. Aamiin.
3. Untuk teman – teman grup Bigri *All Star* dan Yahok *Team* sering menyemangati dan memberi motivasi supaya cepat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Keluarga besar Kos Pak Witono dan Kos Pandawa 2 yang senantiasa mendukung dan mendoakan selesainya Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Dosen Teknik Sipil UMS yang telah mengajarkan ilmunya berdasarkan keahlian pada bidang masing-masing.
6. Teknik Sipil UMS angkatan 2015, kakak dan adik tingkat berbagai angkatan.
7. Untuk keluarga besar UKM Tenis Lapangan UMS yang sudah menjadi bagian kegiatan di luar perkuliahan selama ini. Semoga makin sukses untuk kedepannya.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
PRAKATA	iv
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR NOTASI	xxiii
ABSTRAK	xxv
ABSTRACT	xxvii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Lokasi Jembatan	2
C. Rumusan Masalah	3
D. Tujuan Perencanaan	3
E. Manfaat Perencanaan	3
F. Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Pengertian Umum Jembatan	5
B. Perencanaan Jembatan Kereta Api Bangunan Atas	5
1. Jembatan sebuah estetika (<i>Bridge a esthetics</i>)	5
2. Jembatan kereta api bangunan atas (<i>Superstructure</i>).....	5
3. Lantai jembatan untuk jembatan kereta api baja	6
3a). Lantai jembatan terbuka (<i>Open bridge decks</i>)	6
3b). Lantai jembatan untuk balas (<i>Ballasted bridge decks</i>) . . .	7

3c). Rel langsung dijepit ke pelat lantai (<i>Direct fixation decks</i>)	8
C. Stabilitas Jembatan	8
D. Konstruksi Jalan Rel	9
E. Detail Kerangka Jembatan	10
1. Rangka utama (<i>main truss</i>)	10
2. Portal ujung (<i>end portal frames</i>)	11
3. Gelagar memanjang (<i>stringer</i>)	11
4. Gelagar melintang (<i>cross beam/floor beam</i>)	12
5. Ikatan angin (<i>lateral bracing</i>)	13
6. Pelat buhul (<i>gusset plates</i>)	14
7. Andas (<i>bearing bridge</i>)	15
F. Sambungan Konstruksi Jembatan Rangka Baja Kereta Api	16
1. Paku keling	17
2. Baut mutu tinggi	17
BAB III LANDASAN TEORI	18
A. Pembebanan Yang Dipergunakan Dalam Perencanaan Struktur	
Atas Jembatan Kereta Api	18
1. Beban mati (<i>dead load</i>)	18
1a). Beban berat sendiri	18
1b). Beban konstruksi jalan rel pada jembatan	18
2. Beban hidup (<i>live load</i>)	18
3. Beban tambahan	19
3a). Beban kejut	20
3b). Beban sentrifugal	21
3c). Beban gaya rem	21
3d). Beban angin	21
3e). Beban longitudinal rel panjang	21
3f). Beban lateral kereta	22
B. Perencanaan Balok Memanjang	22
C. Perencanaan Balok Melintang	23

D. Perencanaan Rangka Utama	23
E. Kontrol Lendutan	24
F. Kombinasi Pembebanan Untuk Perencanaan Bangunan Atas	
Jembatan Kereta Api	24
G. Perencanaan Struktur Atas	25
1. Perencanaan batang tarik	26
2. Perencanaan batang tekan	28
3. Perencanaan batang lentur	29
BAB IV METODE PERENCANAAN	30
A. Data Perencanaan	30
B. Alat Bantu Perencanaan	30
C. Tahapan Perencanaan	31
BAB V PERENCANAAN STRUKTUR ATAS	34
A. Perencanaan Balok Memanjang dan Balok Melintang	34
1. Beban mati	34
2. Beban hidup	35
3. Beban kejut	36
4. Perhitungan gelagar memanjang diujung bentang	37
5. Perhitungan gelagar memanjang ditengah bentang	44
6. Perhitungan gelagar melintang	50
B. Perencanaan Rangka Batang	56
1. Beban mati	56
2. Beban hidup	58
3. Beban kejut	59
4. Validasi <i>software</i> SAP2000 v. 14	66
5. Perencanaan batang atas	73
6. Perencanaan batang bawah	85
7. Perencanaan batang diagonal	95
C. Perencanaan Ikatan Angin	120
1. Ikatan angin	120
2. Perencanaan ikatan angin atas	121

3. Perencanaan ikatan angin bawah	126
D. Perhitungan Akibat Beban Lateral Kereta Api	132
1. Perencanaan lateral kereta api bagian A	133
2. Perencanaan lateral kereta api bagian B	134
3. Perencanaan lateral kereta api bagian C	136
4. Perencanaan lateral kereta api bagian D	137
5. Perencanaan lateral kereta api bagian E	139
E. Perencanaan Sambungan	140
1. Perencanaan sambungan baut ujung <i>end plate floor beam</i> ...	141
2. Perencanaan sambungan baut ujung <i>stringer</i>	145
3. Perhitungan sambungan buhul U1-L2	149
4. Perhitungan sambungan buhul L2-U3	153
5. Perhitungan sambungan buhul U3-L4	157
6. Perhitungan sambungan buhul L4-U5	161
7. Perhitungan sambungan buhul U5-L6	166
8. Perhitungan sambungan buhul L6-U7	169
9. Perhitungan sambungan buhul U7-L8	174
10. Perhitungan sambungan ikatan angin atas U1-U3	178
11. Perhitungan sambungan ikatan angin atas U3-U5	180
12. Perhitungan sambungan ikatan angin atas U5-U7	182
13. Perhitungan sambungan ikatan angin bawah L0-L2	184
14. Perhitungan sambungan ikatan angin bawah L2-L4	186
15. Perhitungan sambungan ikatan angin bawah L4-L6	188
16. Perhitungan sambungan ikatan angin bawah L6-L8	190
17. Perhitungan sambungan <i>nosing</i> bagian A	192
18. Perhitungan sambungan <i>nosing</i> bagian B	194
19. Perhitungan sambungan <i>nosing</i> bagian C	196
20. Perhitungan sambungan <i>nosing</i> bagian D	198
21. Perhitungan sambungan <i>nosing</i> bagian E	200
F. Perhitungan Defleksi Rangka Batang	202
G. Perhitungan <i>Side Walk</i>	204

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	218
A. Kesimpulan	218
B. Saran	219
Daftar pustaka	
Lampiran	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Peta lokasi jembatan kereta api	2
Gambar 2.1.	Lantai jembatan terbuka	7
Gambar 2.2.	Lantai jembatan untuk balas	8
Gambar 2.3.	Ruang bebas lebar 1067mm	9
Gambar 2.4.	Rangka utama	10
Gambar 2.5.	Portal ujung	11
Gambar 2.6.	Gelagar memanjang	12
Gambar 2.7.	Gelagar melintang	13
Gambar 2.8.	Lateral <i>bracing</i>	14
Gambar 2.9.	Pelat buhul	15
Gambar 3.1.	Skema beban mati	18
Gambar 3.2.	Sketsa beban hidup kereta api	19
Gambar 3.3.	Beban gandar	19
Gambar 3.4.	Beban kereta api pada jembatan yang ditinjau	20
Gambar 3.5.	Beban hidup kereta api dikali <i>impact factor</i>	20
Gambar 3.6.	Beban horizontal gaya rem	21
Gambar 3.7.	Beban mati pada balok memanjang	22
Gambar 3.8.	Beban hidup kereta api pada balok memanjang	23
Gambar 3.9.	Beban pada balok memanjang pada kereta api	23
Gambar 3.10.	Beban pada balok melintang	23
Gambar 3.11.	Beban hidup Kereta Api pada rangka utama	24
Gambar 3.12.	Bagan alir perhitungan batang tarik	27
Gambar 3.13.	Bagan alir perhitungan batang tekan	28
Gambar 3.14.	Bagan alir perhitungan batang lentur	29
Gambar 4.1.	Rangka jembatan	30
Gambar 4.2.	Bagan alir tahapan perencanaan balok memanjang	31
Gambar 4.3.	Bagan alir tahapan perencanaan balok melintang	32
Gambar 4.4.	Bagan alir tahapan perencanaan rangka utama	32
Gambar 5.1.	Skema pembebanan beban mati	35

Gambar 5.2.	Pembebanan kereta api beban hidup	36
Gambar 5.3.	Skema pembebanan beban hidup	36
Gambar 5.4.	Skema pembebanan <i>impact factor</i>	37
Gambar 5.5.	Diagram momen <i>stringer</i> beban mati di ujung bentang ...	37
Gambar 5.6.	Diagram momen <i>stringer</i> beban hidup di ujung bentang	38
Gambar 5.7.	Diagram momen <i>stringer impact factor</i> di ujung bentang	38
Gambar 5.8.	Balok <i>stringer</i> ujung bentang	39
Gambar 5.9.	Diagram momen <i>stringer</i> beban mati di tengah bentang	44
Gambar 5.10.	Diagram momen <i>stringer</i> beban hidup di tengah bentang	45
Gambar 5.11.	Diagram momen <i>stringer impact factor</i> di tengah bentang	45
Gambar 5.12.	Balok <i>stringer</i> tengah bentang	46
Gambar 5.13.	Balok <i>cross beam</i>	50
Gambar 5.14.	Diagram momen beban mati <i>cross beam</i>	51
Gambar 5.15.	Diagram momen beban hidup <i>cross beam</i>	51
Gambar 5.16.	Diagram momen <i>impact factor</i>	52
Gambar 5.17.	Pembebanan beban mati pada rangka jembatan	56
Gambar 5.18.	Pembebanan kereta api	58
Gambar 5.19.	Pembebanan beban hidup trial kondisi 1 pada jembatan .	58
Gambar 5.20.	Pembebanan beban hidup trial kondisi 2 pada jembatan .	59
Gambar 5.21.	Pembebanan beban hidup trial kondisi 3 pada jembatan .	59
Gambar 5.22.	Pembebanan <i>impact factor</i> trial kondisi 1 pada jembatan	60
Gambar 5.23.	Pembebanan <i>impact factor</i> trial kondisi 2 pada jembatan	60
Gambar 5.24.	Pembebanan <i>impact factor</i> trial kondisi 3 pada jembatan	61
Gambar 5.25.	Beban mati jalan rel	66
Gambar 5.26.	Perbandingan inersia	66
Gambar 5.27.	<i>Free body diagram</i> AB	70

Gambar 5.28.	Interpolasi diagram posisi momen maksimum	70
Gambar 5.29.	<i>Free body</i> diagram BC	71
Gambar 5.30.	Interpolasi diagram posisi momen maksimum	71
Gambar 5.31.	<i>Free body</i> diagram CD	71
Gambar 5.32.	Interpolasi diagram posisi momen maksimum	72
Gambar 5.33.	<i>Free body</i> diagram DE	72
Gambar 5.34.	Interpolasi diagram posisi momen maksimum	73
Gambar 5.35.	Batang U1-U3	73
Gambar 5.36.	Gaya batang beban hidup U1-U3	73
Gambar 5.37.	Gaya batang <i>impact factor</i> U1-U3	74
Gambar 5.38.	Gaya batang beban mati U1-U3	74
Gambar 5.39.	Gaya batang beban angin U1-U3	74
Gambar 5.40.	Batang U3-U5	76
Gambar 5.41.	Gaya batang beban hidup U3-U5	76
Gambar 5.42.	Gaya batang <i>impact factor</i> U3-U5	76
Gambar 5.43.	Gaya batang beban mati U3-U5	77
Gambar 5.44.	Gaya batang beban angin U3-U5	77
Gambar 5.45.	Batang U5-U7	79
Gambar 5.46.	Gaya batang beban hidup U5-U7	79
Gambar 5.47.	Gaya batang <i>impact factor</i> U5-U7	79
Gambar 5.48.	Gaya batang beban mati U5-U7	80
Gambar 5.49.	Gaya batang beban angin U5-U7	80
Gambar 5.50.	Batang U7-U7'	82
Gambar 5.51.	Gaya batang beban hidup U7-U7'	82
Gambar 5.52.	Gaya batang <i>impact factor</i> U7-U7'	82
Gambar 5.53.	Gaya batang beban mati U7-U7'	83
Gambar 5.54.	Gaya batang beban angin U7-U7'	83
Gambar 5.55.	Batang L0-L2	85
Gambar 5.56.	Gaya batang beban hidup L0-L2	85
Gambar 5.57.	Gaya batang <i>impact factor</i> L0-L2	85
Gambar 5.58.	Gaya batang beban mati L0-L2	86

Gambar 5.59.	Gaya batang beban angin L0-L2	86
Gambar 5.60.	Batang L2-L4	87
Gambar 5.61.	Gaya batang beban hidup L2-L4	88
Gambar 5.62.	Gaya batang <i>impact factor</i> L2-L4	88
Gambar 5.63.	Gaya batang beban mati L2-L4	88
Gambar 5.64.	Gaya batang beban angin L2-L4	89
Gambar 5.65.	Batang L4-L6	90
Gambar 5.66.	Gaya batang beban hidup L4-L6	90
Gambar 5.67.	Gaya batang <i>impact factor</i> L4-L6	91
Gambar 5.68.	Gaya batang beban mati L4-L6	91
Gambar 5.69.	Gaya batang beban angin L4-L6	91
Gambar 5.70.	Batang L6-L8	93
Gambar 5.71.	Gaya batang beban hidup L6-L8	93
Gambar 5.72.	Gaya batang <i>impact factor</i> L6-L8	93
Gambar 5.73.	Gaya batang beban mati L6-L8	94
Gambar 5.74.	Gaya batang beban angin L6-L8	94
Gambar 5.75.	Batang <i>end post</i>	95
Gambar 5.76.	Gaya batang beban hidup <i>end post</i>	96
Gambar 5.77.	Gaya batang <i>impact factor end post</i>	96
Gambar 5.78.	Gaya batang beban mati <i>end post</i>	96
Gambar 5.79.	Gaya batang beban angin <i>end post</i>	97
Gambar 5.80.	Batang U1-L2	98
Gambar 5.81.	Gaya batang beban hidup U1-L2	99
Gambar 5.82.	Gaya batang <i>impact factor</i> U1-L2	99
Gambar 5.83.	Gaya batang beban mati U1-L2	99
Gambar 5.84.	Gaya batang beban angin U1-L2	100
Gambar 5.85.	Batang L2-U3	101
Gambar 5.86.	Gaya batang beban hidup L2-U3	101
Gambar 5.87.	Gaya batang <i>impact factor</i> L2-U3	102
Gambar 5.88.	Gaya batang beban mati L2-U3	102
Gambar 5.89.	Gaya batang beban angin L2-U3	102

Gambar 5.90.	Batang U3-L4	104
Gambar 5.91.	Gaya batang beban hidup U3-L4	104
Gambar 5.92.	Gaya batang <i>impact factor</i> U3-L4	105
Gambar 5.93.	Gaya batang beban mati U3-L4	105
Gambar 5.94.	Gaya batang beban angin U3-L4	105
Gambar 5.95.	Batang L4-U5	107
Gambar 5.96.	Gaya batang beban hidup L4-U5	107
Gambar 5.97.	Gaya batang <i>impact factor</i> L4-U5	107
Gambar 5.98.	Gaya batang beban mati L4-U5	108
Gambar 5.99.	Gaya batang beban angin L4-U5	108
Gambar 5.100.	Batang U5-L6	110
Gambar 5.101.	Gaya batang beban hidup U5-L6	110
Gambar 5.102.	Gaya batang <i>impact factor</i> U5-L6	110
Gambar 5.103.	Gaya batang beban mati U5-L6	111
Gambar 5.104.	Gaya batang beban angin U5-L6	111
Gambar 5.105.	Batang L6-U7	112
Gambar 5.106.	Gaya batang beban hidup L6-U7	113
Gambar 5.107.	Gaya batang <i>impact factor</i> L6-U7	113
Gambar 5.108.	Gaya batang beban mati L6-U7	113
Gambar 5.109.	Gaya batang beban angin L6-U7	114
Gambar 5.110.	Batang U7-L8	116
Gambar 5.111.	Gaya batang beban hidup U7-L8	117
Gambar 5.112.	Gaya batang <i>impact factor</i> U7-L8	117
Gambar 5.113.	Gaya batang beban mati U7-L8	117
Gambar 5.114.	Gaya batang beban angin U7-L8	118
Gambar 5.115.	Ikatan angin atas	121
Gambar 5.116.	Gaya aksial beban angin U1-U3	121
Gambar 5.117.	Gaya aksial beban angin U3-U5	123
Gambar 5.118.	Gaya aksial beban angin U5-U7	124
Gambar 5.119.	Ikatan angin bawah	126
Gambar 5.120.	Gaya aksial beban angin L0-L2	126

Gambar 5.121. Gaya aksial beban angin L2-L4	128
Gambar 5.122. Gaya aksial beban angin L4-L6	129
Gambar 5.123. Gaya aksial beban angin L6-L8	131
Gambar 5.124. Rangka lateral kereta	132
Gambar 5.125. Gaya batang pada lateral bagian A	133
Gambar 5.126. Gaya batang pada lateral bagian B	134
Gambar 5.127. Gaya batang pada lateral bagian C	136
Gambar 5.128. Gaya batang pada lateral bagian D	137
Gambar 5.129. Gaya batang pada lateral bagian E	139
Gambar 5.130. Baut S10T	140
Gambar 5.131. Sambungan baut ujung <i>end plate floor beam</i>	141
Gambar 5.132. Posisi baut tepi bawah	143
Gambar 5.133. Posisi baut pada pojok atas	144
Gambar 5.134. Sambungan baut ujung <i>stringer</i>	145
Gambar 5.135. Posisi baut tepi bawah	147
Gambar 5.136. Posisi baut pada pojok atas	148
Gambar 5.137. Batang U1-L2	149
Gambar 5.138. Pemeriksaan geser sambungan U1-L2	151
Gambar 5.139. Blok tegangan <i>withmore</i> U1-L2	152
Gambar 5.140. Batang L2-U3	153
Gambar 5.141. Pemeriksaan keruntuhan geser L2-U3	154
Gambar 5.142. Blok tegangan <i>withmore</i> L2-U3	156
Gambar 5.143. Batang U3-L4	157
Gambar 5.144. Pemeriksaan keruntuhan geser U3-L4	159
Gambar 5.145. Blok tegangan <i>withmore</i> U3-L4	160
Gambar 5.146. Batang L4-U5	161
Gambar 5.147. Pemeriksaan keruntuhan geser L4-U5	162
Gambar 5.148. Blok tegangan <i>withmore</i> L4-U5	164
Gambar 5.149. Batang U5-L6	166
Gambar 5.150. Pemeriksaan keruntuhan geser U5-L6	167
Gambar 5.151. Blok tegangan <i>withmore</i> U5-L6	168

Gambar 5.152. Batang L6-U7	169
Gambar 5.153. Pemeriksaan keruntuhan geser	171
Gambar 5.154. Blok tegangan <i>withmore</i> L6-U7	172
Gambar 5.155. Batang U7-L8	174
Gambar 5.156. Pemeriksaan keruntuhan geser U7-L8	175
Gambar 5.157. Blok tegangan <i>withmore</i> U7-L8	177
Gambar 5.158. Batang angin atas U1-U3	178
Gambar 5.159. Pemeriksaan keruntuhan geser	179
Gambar 5.160. Batang angin atas U3-U5	180
Gambar 5.161. Pemeriksaan keruntuhan geser	181
Gambar 5.162. Batang angin atas U5-U7	182
Gambar 5.163. Pemeriksaan keruntuhan geser	183
Gambar 5.164. Batang angin atas L0-L2	184
Gambar 5.165. Pemeriksaan keruntuhan geser	185
Gambar 5.166. Batang angin atas L2-L4	186
Gambar 5.167. Pemeriksaan keruntuhan geser	187
Gambar 5.168. Batang angin atas L4-L6	188
Gambar 5.169. Pemeriksaan keruntuhan geser	189
Gambar 5.170. Batang angin atas L6-L8	190
Gambar 5.171. Pemeriksaan keruntuhan geser	191
Gambar 5.172. Batang <i>nosing</i> bagian A	192
Gambar 5.173. Pemeriksaan keruntuhan geser	193
Gambar 5.174. Batang <i>nosing</i> bagian B	194
Gambar 5.175. Pemeriksaan keruntuhan geser	195
Gambar 5.176. Batang <i>nosing</i> bagian C	196
Gambar 5.177. Pemeriksaan keruntuhan geser	197
Gambar 5.178. Batang <i>nosing</i> bagian D	198
Gambar 5.179. Pemeriksaan keruntuhan geser	199
Gambar 5.180. Batang <i>nosing</i> bagian E	200
Gambar 5.181. Pemeriksaan keruntuhan geser	201
Gambar 5.182. Pembebanan akibat beban mati	202

Gambar 5.183. Hasil <i>run</i> lendutan beban mati	203
Gambar 5.184. Distribusi kebeban titik	203
Gambar 5.185. Pembebanan akibat beban hidup	203
Gambar 5.186. Hasil <i>run</i> lendutan beban hidup	203
Gambar 5.187. Lantai <i>grating</i>	204
Gambar 5.188. <i>Railing</i> pejalan kaki	205
Gambar 5.189. Area beban pejalan kaki	205
Gambar 5.190. Skema beban kantilever pejalan kaki	206
Gambar 5.191. Skema lokasi balok memanjang pada pejalan kaki	209

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Kombinasi pembebanan	25
Tabel 3.2.	Faktor reduksi kekuatan untuk keadaan batas <i>ultimate</i>	26
Tabel 5.1.	Hasil perhitungan gaya batang	62
Tabel 5.2.	Gaya batang kombinasi <i>truss</i>	64
Tabel 5.3.	Faktor distribusi	68
Tabel 5.4.	Hasil perhitungan metode distribusi momen	69
Tabel 5.5.	Beban aksial kombinasi U1-U3	74
Tabel 5.6.	Beban aksial kombinasi U3-U5	77
Tabel 5.7.	Beban aksial kombinasi U5-U7	80
Tabel 5.8.	Beban aksial kombinasi U7-U7'	83
Tabel 5.9.	Beban aksial kombinasi L0-L2	86
Tabel 5.10.	Beban aksial kombinasi L2-L4	89
Tabel 5.11.	Beban aksial kombinasi L4-L6	91
Tabel 5.12.	Beban aksial kombinasi L6-L8	94
Tabel 5.13.	Beban aksial kombinasi <i>end post</i>	97
Tabel 5.14.	Beban aksial kombinasi U1-L2	100
Tabel 5.15.	Beban aksial kombinasi L2-U3	103
Tabel 5.16.	Beban aksial kombinasi U3-L4	106
Tabel 5.17.	Beban aksial kombinasi L4-U5	108
Tabel 5.18.	Beban aksial kombinasi U5-L6	111
Tabel 5.19.	Beban aksial kombinasi L6-U7 batang tekan	114
Tabel 5.20.	Beban aksial kombinasi L6-U7 batang tarik	115
Tabel 5.21.	Beban aksial kombinasi U7-L8 batang tekan	118
Tabel 5.22.	Beban aksial kombinasi U7-L8 batang tarik	119
Tabel 5.23.	Beban aksial kombinasi lateral kereta api bagian A	133
Tabel 5.24.	Beban aksial kombinasi lateral kereta api bagian B	134
Tabel 5.25.	Beban aksial kombinasi lateral kereta api bagian C	136
Tabel 5.26.	Beban aksial kombinasi lateral kereta api bagian D	137
Tabel 5.27.	Beban aksial kombinasi lateral kereta api bagian E	139

Tabel 5.28.	Kecukupan dimensi rangka utama	214
Tabel 5.29.	Kecukupan dimensi batang atas	214
Tabel 5.30.	Kecukupan dimensi batang bawah	215
Tabel 5.31.	Kecukupan dimensi batang angin atas	215
Tabel 5.32.	Kecukupan dimensi batang angin bawah	216
Tabel 5.33.	Kecukupan dimensi batang diagonal	217

DAFTAR NOTASI

A_{br}	= luas penampang bruto
A_e	= luas efektif penampang
A_n	= luas netto penampang
A_s	= luas baja
a	= jarak as titik berat baut ketepi
CF	= <i>centrifugal force</i> (gaya sentrifugal)
CWR	= <i>continues welded rail</i> (gaya akibat muai rel panjang)
D_{lub}	= diameter lubang
DL	= <i>dead load</i> (beban mati)
E	= modulus elastisitas
f_{sv}	= gaya geser vertikal pada ujung balok
f_u	= tegangan ultimit baja
f_y	= tegangan leleh baja
I_{bg}	= momen kedua diarea baut
if	= <i>impact factor</i> (gaya sentakan)
K_c	= faktor kelangsingan pelat badan
L	= panjang bentang
LF	= <i>longitudinal force</i> (gaya longitudinal)
LL	= <i>live load</i> (beban hidup)
M_a	= momen grup pada baut
M_n	= momen lentur nominal
M_u	= momen lentur perlu/ultimit
M_p	= momen penampang plastis
N	= nosing (gaya roda pada ke rel)
N_n	= gaya tekan nominal
N_u	= gaya tekan perlu
PsL	= ketahanan slip
Po	= tegangan minimum awal
q	= beban merata

R_v	= resultan
r_x	= jari-jari inersia profil pada sumbu x-x
r_y	= jari-jari inersia profil pada sumbu y-y
r_{min}	= jari-jari inersia minimum
t_b	= tebal badan
t_s	= tebal sayap
T_u	= gaya tarik perlu /ultimit
T_n	= kuat tarik nominal
U	= factor <i>shear lag</i>
W	= <i>wind load</i> (beban angin)
ω	= factor tekuk
ϕ	= factor reduksi
λ_c	= parameter kelangsingan batang tekan
$\lambda_{pf} = \lambda_p$	= batas kelangsingan sayap kompak
$\lambda_{rf} = \lambda_r$	= batas kelangsingan sayap non kompak
λ_x	= kelangsingan batang dalam arah sumbu x-x
λ_y	= kelangsingan batang dalam arah sumbu y-y
μ	= koefisien gesekan

**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN KERETA API RANGKA BAJA
BH 1751 TIPE *WELDED THROUGH TRUSS* (WTT) BENTANG
100 METER SUNGAI LUK ULO KEBUMEN KM 449 + 900
JALUR GANDA KERETA API LINTAS ANTARA KROYA - KUTOARJO**

ASHRAF HABIBURRAHMAN

Jurusan Teknik Sipil FT Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl.A.Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura, Surakarta

e-mail. : ashrafhabib17@gmail.com

ABSTRAK

Tugas akhir ini merencanakan ulang jembatan panjang bentang 100 meter dengan tipe *warren truss*. Menggunakan profil yang tersusun dengan pengelasan, disebut dengan *welded through truss*. Lokasi perencanaan di sungai Luk Ulo KM 449+900 antara Karanganyar-Kebumen Lintas Kroya-Kutoarjo. Masyarakat umum menyebutnya dengan jembatan Renville, oleh karena di lokasi tersebut secara histori terdapat monumen perjanjian Renville pada masa kolonial Belanda. Jembatan kereta api dengan bentang terpanjang di Indonesia. Jembatan dengan bentang 100 meter tersebut dimaksud untuk menggantikan jembatan yang ada (*existing*) yang semula terdiri dari 3 bentang masing masing 32 meter dan pembuatan jalur ganda kereta api baru. Peraturan pembebanan yang digunakan adalah Peraturan Menteri Perhubungan no 60 tahun 2012 tentang Persyaratan teknis jalur kereta api, Peraturan Dinas no 10 tahun 1986 PT. Kereta Api Indonesia, Rencana Muatan 1921, Peraturan Umum mengenai jembatan dan pilar besi untuk jalan Kereta Api dan Tram di Indonesia (A.V.B.P 1932). Metode perhitungan kecukupan dimensi profil rangka baja dengan cara LRFD. Mutu baja yang digunakan adalah SM 490 dengan *yield strength* = 325 N/mm² dan *tensile strength* = 490 N/mm². Sambungan baut menggunakan baut mutu tinggi STB (*torque shear type high strength bolts*) mutu *grade S10T* dengan *yield strength* ≥ 900 N/mm², *tensile strength* = 1000-1200 N/mm. Hasil diperoleh pada perencanaan jembatan kereta api bentang 100 meter tipe *welded through truss* adalah sebagai berikut:

1. Profil batang atas (*upper chord*) dibuat dari tipe kotak/*box* dengan dimensi minimum tebal atas dan bawah sebesar 16mm dan tebal badan 22mm.
2. Profil batang bawah (*lower chord*) dibuat dari tipe kotak/*box* dengan dimensi minimum tebal atas 9mm, tebal bawah 10mm dan tebal 9mm.
3. Profil batang diagonal (*diagonal chord*) dibuat dari tipe I dan tipe kotak/*box*. Untuk tipe I diperoleh minimum 460x460x19x12 tipe kotak/*box* diperoleh minimum 478x380x10x11.
4. Gelagar memanjang (*stringer*) dibuat dari profil tipe I dengan dimensi 1300x370x34x9.

5. Gelagar melintang (*cross beam*) dibuat dari profil tipe I dengan dimensi 1593x380x15x28.
6. Ikatan angin (*lateral bracing*) atas dan bawah tipe T dan tipe I.
7. Kontrol terhadap lendutan yang terjadi pada gelagar memanjang (*stringer*), gelagar melintang (*cross beam*), dan rangka.

Kata kunci : jembatan, jalur kereta api, WTT

**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN KERETA API RANGKA BAJA
BH 1751 TIPE *WELDED THROUGH TRUSS* (WTT) BENTANG
100 METER SUNGAI LUK ULO KEBUMEN KM 449 + 900
JALUR GANDA KERETA API LINTAS ANTARA KROYA - KUTOARJO**

ABSTRACT

This final project plans to redesign the 100-meter span railway bridge with the Warren Truss type. Using profiles arranged by welding, which are called Welded Through Truss. The planning location is on the Luk Ulo River KM 449+900 between Karanganyar-Kebumen line Kroya-Kutuarjo. The public calls it the Renville Bridge, because this location has historically been the Renville Treaty Monument during the Dutch colonial period. The railway bridge with a span of 100 m in one span is the longest span in Indonesia. The bridge with a span of 100 m is intended to replace the existing bridge which originally consisted of 3 spans of 32 meters each and the construction of a new Railway Double Tracking. The loading regulations used are the Minister of Transportation Regulation No.60 of 2012 concerning the Technical Requirements for the Railway Line, the Office Regulation No.10 of 1986 for PT Kereta Api Indonesia, the 1921 load plan and the general regulations regarding bridges and iron pillars for Railways and tracks on Indonesia (A.V.B.P 1932). Method of calculating the adequacy of the dimensions of the steel frame profile using LFRD. The steel grade used is SM 490 with Yield Strength = 325 N / mm² and Tensile Strength = 490 N / mm². In connection with bolts using high strength bolts STB (Torque Shear Type High Strength Bolts) yield strength \geq 900 N / mm² and Tensile Strength = 1000 - 1200 N / mm². The results obtained in the planning of the 100-meter welded through truss type Railway Bridge are as follows:

1. Upper Chord profiles are made of box type with minimum dimensions of the top and bottom thickness 16 mm, side thickness of 22 mm.
2. Bottom Chord profiles are made of box type with minimum dimensions of the top thickness 9 mm ,bottom thickness 10 mm and side thickness of 22 mm.
3. Diagonal chord profiles are made of 2 types, namely, type I and type box. For type I, the minimum 460x460x19x12 and for the box type, the minimum 478x380x10x11.
4. Longitudinal girders (stringers) are made of type I profiles with dimensions 1300x370x34x9.
5. The cross beam (floor beam) is made from a type I profile with dimensions 1593x380x15x28.
6. Upper and lower Lateral Wind Bracings use type T and I.
7. Control of deflection that occurs in the longitudinal girder (stringers), transverse girder (floor beam), and steel truss.

Keywords : Bridge, Railway, WTT